

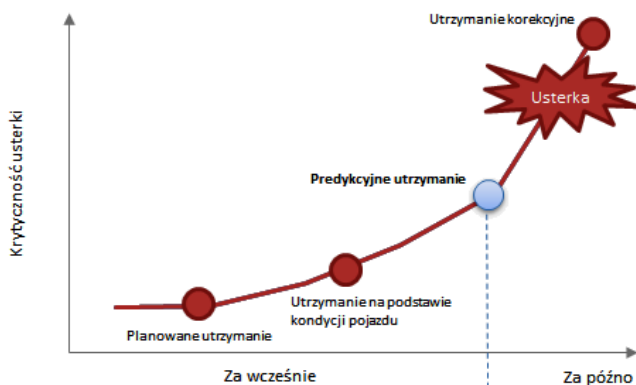
## UTRZYMANIE PREDYKCYJNE W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

*W artykule omówiono zostało nowoczesne zarządzanie strategią utrzymania pojazdów kolejowych. Przedstawiono główne założenie idei predykcyjnego utrzymania, a także możliwość jego zastosowania w dziedzinie transportu kolejowego.*

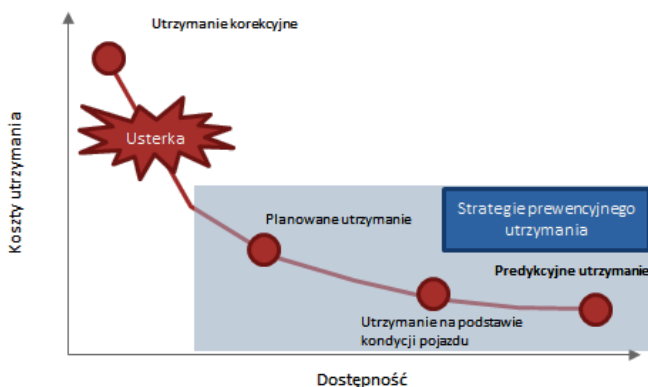
### WSTĘP

Predykcyjne utrzymanie (z ang. *Predictive maintenance* - PM) jest aktualnie jedną z najczęściej rozważanych strategii (oprócz utrzymania prewencyjnego, napraw korekcyjnych oraz napraw rewizyjnych) utrzymania pojazdów kolejowych.

Utrzymanie predykcyjne polega na przewidywaniu optymalnego czasu niezbędnego do wykonania przeglądu. Powtarzające się usterki identyfikowane i analizowane są proaktywnie, dzięki czemu konieczną pracę przeglądową można wykonać zanim usterka wystąpi. Na wykresach na rys. 1 oraz rys. 2 można zaobserwować PM w hierarchii cyklu życia pojazdu kolejowego.



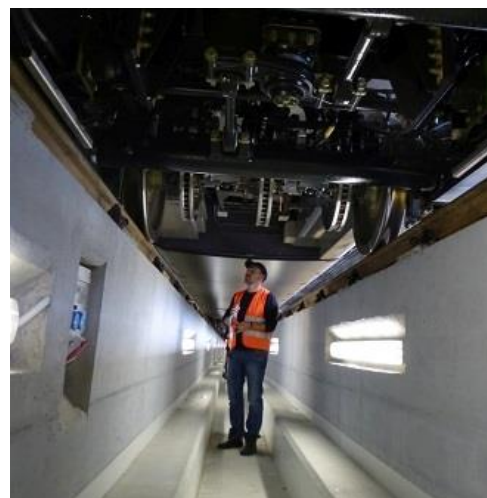
Rys. 1. Optymalny czas utrzymaniowy [1]



Rys. 2. Optymalny czas utrzymaniowy – wyższa dostępność i niższy koszt utrzymania [1]

### 1. STRATEGIA PREDYKCYJNEGO UTRZYMANIA

Predykcyjne utrzymanie jest kolejnym etapem strategii klasycznego utrzymania prewencyjnego, począwszy od planowanego do opartego na faktycznej kondycji pojazdu utrzymania. Dostępność oraz możliwości systemów PM mogą być zwiększane wraz z redukcją kosztów utrzymania, jeżeli oczywiście potrzeby utrzymaniowe mogą zostać przewidziane w celu podjęcia czynności zapobiegających wystąpieniu usterki we właściwym czasie. Rozwój technologii czujników oraz komunikacji zapewnił możliwość zbierania danych z różnych systemów i podsystemów zainstalowanych w pociągach, udostępniając tym samym podgląd aktualnego stanu pojazdów (zarówno elektrycznego jak i mechanicznego), a także wiele innych wskaźników skuteczności i efektywności.



Rys. 3. Prace przeglądowe pojazdów kolejowych przeprowadzane w specjalnych punktach utrzymaniowo-serwisowych [5]

Powyższe systemy umożliwiają planowanie czynności utrzymaniowych z maksymalnym interwałem pomiędzy kolejnymi przeglądami, jednocześnie minimalizując koszt oraz liczbę nieplanowych utrat własności eksploatacyjnych. Jeżeli problem jest wykrywany wcześniej, większości napraw można zapobiec. Natomiast w dzisiejszym czasie, technologia pozwala nam na zbieranie ogromnych ilości danych z setek systemów zainstalowanych w każdym pociągu niedużym kosztem. Zbierane informacje są analizowane w czasie rzeczywistym, co pozwala na wykrycie problemu zanim się w ogóle pojawi [2], [3].

#### 1.1. Korzyści predykcyjnego utrzymania

Kluczową zaletą utrzymania predykcyjnego jest wpływ na dostępność pociągów oraz zapewnienie optymalizacji kosztów. Poma-

ga to w poprawie niezawodności i przyszłego rozwoju strategii utrzymaniowej poprzez redukcję kosztów związanych z utrzymaniem. Ma również pozytywny wpływ na ogólną efektywność kolejowych systemów transportowych, co ostatecznie prowadzi do zwiększenia bezpieczeństwa oraz zadowolenia klienta. Niedrogie rozwiązania, jakie serwuje nam PM generują stosunkowo szybki zwrot zainwestowanych pieniędzy, równocześnie kompletnie zmieniając podejście do aspektu utrzymania pojazdów kolejowych. Systemy informatyczne ewoluują w niesamowitym tempie w inteligentne systemy pokładowe przeznaczone dla PM. Jednakże te technologie są jeszcze nowe i nierozwinięte w tym obszarze transportu. Sektor kolejowy rozwinął do tej pory wiele systemów zarządzania, ale czy są one naprawdę predykcyjne?

## 2. METODOLOGIA WDROŻENIA

O ile strategia PM w transporcie kolejowym stanowi relatywnie młode podejście, o tyle w transporcie lotniczym jest już na wysokim poziomie. Dla przykładu PM jest bardzo popularny w utrzymaniu silników samolotów. Ze względu na dużo wspólnych cech tych gałęzi transportu, skuteczne rozwiązania zaimplementowane w przemyśle maszyn ciężkich oraz lotnictwie mogą być wykorzystane również w kolejnictwie.

Metodologia wdrożenia z sukcesem rozwiązań PM wypracowała cztery niezbędne kroki do osiągnięcia celu. Skrupulatnie wdrożone gwarantują korzyści w każdym środowisku utrzymaniowym.

### 2.1. Etap 1: Wybór odpowiedniego systemu

Wybór odpowiedniego systemu jest najważniejszym etapem w budowaniu rozwiązań PM. Z początku istotne jest określenie wąskiego zakresu i nie staranie się na siłę przewidzenia wszystkiego. Układ hamulcowy lub układ pneumatyczny drzwi jest typowym przykładem takiego systemu lub podsystemu.

Na początku ważne jest żeby zdefiniować obszary, w których możliwe będzie przewidywanie wystąpienia usterek. Można to wykonać dzięki mapowaniu dostępnych systemów i przedstawieniu w postaci obszarów usterek możliwych do przewidzenia oraz obszarów efektywności, tak jak jest to przedstawione na wykresie na rys. 4 i rys. 6. Niedokładny wybór odpowiedniego systemu może spowodować zarówno niepowodzenie projektu, jak i utratę wiary w rozwiązania PM. Doprowadza to przedsiębiorstwo do porzucenia idei, pomimo tego, że istnieje na nie silna potrzeba [1].

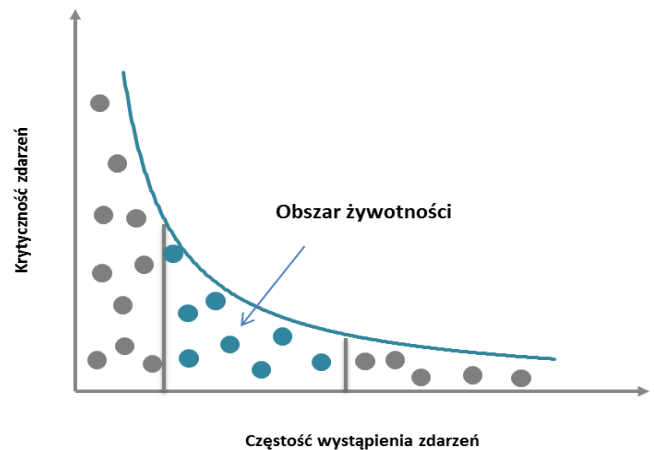
### Obszar możliwości przewidywania

Głównym celem jest przewidzenie błędów/uszkodzeń najbardziej krytycznych systemów. Niestety takie rozwiązanie niesie też ze sobą ryzyko pozostawiania zbyt małej ilości danych niezbędnych do zbudowania spójnego modelu PM.

Ważne jest aby wybrać takie błędy krytyczne, które zostawiają wystarczającą ilość cyfrowych informacji, wymaganą do zbudowania spójnego modelu predykcyjnego utrzymania, tak jak jest to przedstawione na rys. 4. Idealny system lub podsystem powinien być wybrany do budowy PM w oparciu o obszar możliwości przewidywania. Wtedy będziemy mieć pewność, iż otrzymane rezultaty będą satysfakcjonujące.

### Obszar efektywnego przewidywania

Innym sposobem na wybór systemu jest znalezienie obszaru, gdzie przewidywanie jest bardziej skuteczne z utrzymaniowego punktu widzenia. Współczynnik awaryjności mechanicznych oraz elektrycznych systemów oraz obszar efektywnego przewidywania jest przedstawiony na wykresie na rys. 6.



Rys. 4. Strefa możliwości przewidywania [1]

W celu jak najszybszego zwrotu kosztów inwestycji, najlepszym obszarem do wdrożenia rozwiązań PM jest wczesna eksploatacja pojazdu lub jego końcowy etap.

### 2.2. Etap 2: Zdobycie niezbędnych danych

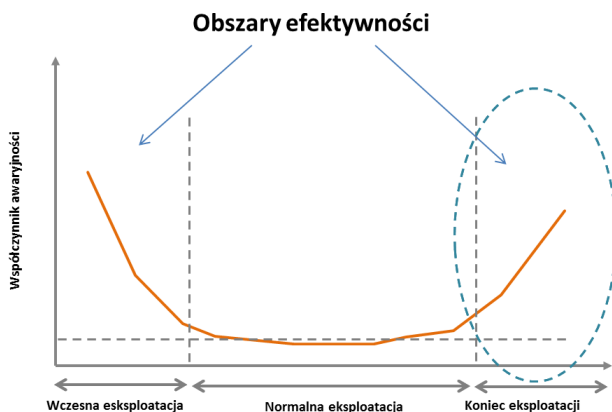
Ilość generowanych z systemu danych jest wystarczająca do zbudowania rozwiązań PM. Należy jednak pamiętać o efektach,



Rys. 5. Utrzymanie predykcyjne [4]

jakie chcemy osiągnąć z kolekcjonowanych pakietów danych, tak aby nie skupiać się na zbędnych informacjach.

Przygotowywanie danych niezbędnych do zbudowania PM jest kolejnym istotnym krokiem w procesie rozwoju konkretnych rozwiązań. Chodzi głównie o dane, których nasze przyszłe rozwiązania wymagają. Dokładne zrozumienie celów jest konieczne, aby otrzymać właściwe zbiory danych. Następnie dane są przygotowywane w celu stworzenia odpowiedniego algorytmu.



Rys. 6. Strefa efektywności [1]

### 2.3. Etap 3: Algorytmy

Właściwy algorytm jest kluczem do osiągnięcia celu. Zakłada się, że jeden pracownik analizujący dane wystarczy w celu stworzenia innowacyjnego algorytmu dla rozwiązań PM. Pracownik może rozwinąć każdy algorytm, ale potrzeba o wiele więcej do stworzenia właściwego algorytmu dopasowanego do konkretnej potrzeby biznesowej. Doświadczenie pokazuje, że to specjalista w danej dziedzinie transportu kolejowego, w przeciwieństwie do pracownika analizującego dane, jest głównym bohaterem w osiągnięciu zadowalających rezultatów. To właśnie ten człowiek instruuje analityka do stworzenia odpowiedniego algorytmu.

### 2.4. Etap 4: Identyfikacja wartości dodanych PM pod kątem strategii utrzymaniowej

Zakres możliwości rozwiązań PM może znacznie wykraczać poza przewidywanie usterek i w większości przedsiębiorstwach, gdzie stosuje się tę strategię, przewidywanie nie jest jedynym celem. Chodzi również o identyfikację wszelkich możliwych biznesowych scenariuszy oraz budowanie odpowiednich metod postępowania.

Rozwiązania PM przewidują wdrożenie specjalnych wskaźników utrzymaniowych, które wspomagają załogę zakładu w:

- określenie kolejnych czynności utrzymaniowych,
- planowanie odnowy części zamiennych, podsystemów oraz systemów w duchu „Just-in-time”,
- sugerowanie, które systemy wymagają modyfikacji lub aktualizacji ze względu na niską wydajność.

Jest to możliwe dzięki zrozumieniu celów, dla których są tworzone różnorodne wzorce błędów i dopasowywane do odpowiednich kategorii czynności. Rozwiązania PM są więc wykorzystywane zarówno do krótko-, jak i długoterminowych celów.

## PODSUMOWANIE

Predykcyjne utrzymanie jest aktualnie jedną z najczęściej rozważanych nowych strategii utrzymania w dziedzinie transportu kolejowego. Ma ono na celu przewidywanie optymalnego czasu

przebiegu. Powtarzające się usterki są na bieżąco analizowane, dzięki czemu odpowiednie czynności utrzymaniowe mogą zostać podjęte przed wystąpieniem uszkodzenia lub błędu. Ta strategia będzie kolejnym etapem w klasycznym modelu utrzymania pojazdów kolejowych.

W sektorze kolejowym predykcyjne utrzymanie jest dopiero w fazie zapoznawania się z nową ideą, natomiast w innych branżach takich jak przemysł maszyn ciężkich i transport lotniczy, strategia ta jest szeroko rozwinięta.

Sukces rozwiązań zawartych w predykcyjnym utrzymaniu polega na odpowiednim wyborze systemu, stworzeniu i przygotowaniu właściwych danych oraz doborze kompetentnej kadry złożonej ze specjalistów dziedziny kolejowej oraz analityków danych.

Strategia PM tworzy wiele więcej wartości dodanych dla przedsiębiorstwa wykraczających poza przewidywanie usterek technicznych pojazdu, np. na bieżąco identyfikuje systemy, które należy uaktualnić. Poza wzrostem dostępności floty pojazdów oraz optymalizacją kosztów, pasażerowie nie będą już świadkami wielu opóźnień pociągów, a co najważniejsze prowadzi do wzrostu bezpieczeństwa.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, nr umowy PBS3/A6/29/2015.

## BIBLIOGRAFIA

- Cyient: *Engineering solutions for predictive maintenance in rail*, 2015.
- Kornaszewski M.: *Modelowanie odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym w procesie eksploatacji*. Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, Radom 2013.
- Pierre D. : *Predictive maintenance*, Train Forum Delft 2015.
- <http://www.metro-magazine.com/management-operations/news/292498/alstom-launches-maintenance-tool-ertms-systems-at-innotrans>
- <http://www.bluerail.pl/odbiory-techniczne/>

### Predictive maintenance in railway transportation

*Paper discussed the modern management of maintenance strategies for rail vehicles. It presents the main assumption of the idea of predictive maintenance and possibility of its application in the field of railway transportation*

Autorzy:

dr hab. inż. **Mieczysław Kornaszewski**, prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki, Zakład Systemów Sterowania w Transporcie, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl

mgr inż. **Sebastian Kaluża** – doktorant – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29; Tel: + 48 508 920 946